

VŠB – Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra automatizační techniky a řízení

Multifunkční stojan na kola
Multifunction Bicycle Stand

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE: Zdeněk Zemský

AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE: Ing. Ivana Kunzová, Ph.D.

OSTRAVA 2017

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Fakulta strojní
Katedra částí a mechanismů strojů

Zadání bakalářské práce

Student: **Zdeněk Zemský**
Studijní program: B2341 Strojírenství
Studijní obor: 2302R010 Konstrukce strojů a zařízení
Specializace: 40 Konstrukce strojních dílů a skupin
Téma: Multifunkční stojan na kola
Multifunction Bicycle Stand
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

Navrhněte stojan na kola, který bude sloužit ve venkovním prostředí a pro 3-6 kol. Kromě uskladnění kol může sloužit i jako lavička, či zde mohou být další prvky třeba pro uložení zavazadel. Proveďte rešerši k dané problematice a navrhněte celkovou koncepci stojanu. Nakreslete sestavu celého stojanu a výrobní výkres vybraného dílu.

Seznam doporučené odborné literatury:

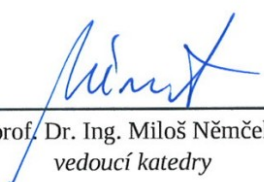
Dejř, Z. *Konstrukce strojů a zařízení I*. Ostrava: Montanex, 2000. 225s. ISBN 80-7225-018-3
Kaláb, K. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře, Části spojovací*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2007. 90s. ISBN 978-80-248-1290-8
Kaláb, K. *Části a mechanismy strojů pro bakaláře, Části pohonů strojů*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2008. 128s. ISBN 978-80-248-1860-3
Leinveber, J.; Vávra, P. *Strojnické tabulky*. Albra-pedagogické nakladatelství, Úvaly, 2006. 914s. ISBN 80-7361-033-7
Bolek, A.; Kochman, J. *Části strojů I*. Praha: SNTL, 1989. 775s. ISBN 80-03-00046-7
Bolek, A.; Kochman, J. *Části strojů II*. Praha: SNTL, 1990. 707s. ISBN 80-03-00426-8
Normy, katalogy, prospekty a www-stranky k dané problematice

Formální náležitosti a rozsah bakalářské práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Ivana Kunzová, Ph.D.**

Datum zadání: 09.12.2016

Datum odevzdání: 15.05.2017


prof. Dr. Ing. Miloš Němček
vedoucí katedry




doc. Ing. Ivo Hlavatý, Ph.D.
děkan fakulty

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně, a že jsem uvedl všechny použité a informační zdroje.

V Ostravě dne 15. 5. 2017

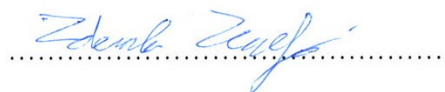


podpis autora

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou (bakalářskou) práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb., autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo.
- беру на ве́доміі, же Высoкá škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen „VŠBTUO“) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě diplomovou (bakalářskou) práci užít (§ 35 odst. 3).
- souhlasím s tím, že diplomová (bakalářská) práce bude v elektronické podobě uložena v Ústřední knihovně VŠB-TUO k nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové (bakalářské) práce. Souhlasím s tím, že údaje o kvalifikační práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
- bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou (bakalářskou) práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).
- беру на ве́доміі, же оdevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č.111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě: 15.5.2017



Podpis

Jméno a příjmení autora práce: Zdeněk Zemský

Adresa trvalého pobytu autora práce: Dubňany, U Studánky 1230

Anotace

ZEMSKÝ, Zdeněk. Multifunkční stojan na kola. Ostrava, 2017. 38 stran. Bakalářská práce. VŠB - Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra částí a mechanismů strojů. Vedoucí práce Ing. Ivana Kunzová, Ph.D.

Bakalářská práce se zabývá návrhem multifunkčního stojanu na kola. V úvodu jsou představeny některé stojany dostupné na trhu. Cílem bylo navrhnout stojan pro 6 kol tak, aby nedocházelo ke kolizi řídítek s řídítky kol zaparkovaných ve vedlejších konzolách. Dále byl kladen důraz na možnost zamčení rámu kola ke konzole a zvýšit tím jeho zabezpečení. Tento stojan je určen pro parky, venkovní hřiště a zastávky. Součástí stojanu je úložný box, koš a lavička.

Annotation

ZEMSKÝ, Zdeněk. Multifunction Bicycle Stand. Ostrava, 2017. 38 pages Thesis. VŠB – Technical university of Ostrava, Faculty of mechanical engineering, Department of Machine parts and mechanism. Head: Ing. Ivana Kunzová, Ph.D.

The bachelor thesis deals with the design of a multifunctional bike stand. In the introduction are some stands available on the market. The purpose was design a 6-wheel rack to avoid colliding the handlebars with the handlebars bike parked in the next rack. The emphasis was also placed on the possibility of locking the wheel frame to the console and increasing its security. This stand is designed for parks, outdoor playgrounds and stops. The rack includes a storage box, basket and bench.

Poděkování:

Děkuji mé vedoucí bakalářské práce paní Ing. Ivaně Kunzové, Ph.D. a panu prof. Dr. Ing. Miloši Němčkovi za jejich odborné vedení práce, za přínosné rady a čas strávený při konzultování.

Obsah:

Seznam použitého značení a jednotek	8
1. Úvod a cíl práce	10
1.1 Úvod	10
1.2 Cíle práce	10
2. Rešerše stojanů na kolo	11
2.1 Konstrukce stojanů	11
2.2 Požadavky	11
2.3 Rozdělení	11
2.4 Montážní stojany	12
2.5 Veřejné stojany	12
2.6 Domácí stojany	15
3. Vlastní řešení konstrukce stojanu	17
3.1 Úložný Box	19
3.2 Koš	20
3.3 Ukotvení	20
4. Výpočty	22
4.1 Ohyb tyče pod deskami lavičky	22
4.2 Výpočet reakcí v podpěrách lavičky	23
4.3 Vzpěr tyče pod lavičkou	26
4.4 Ohyb jeklu zatíženého boxem	27
4.5 Návrh šroubů pro spojení boxu a stojanu	28
4.6 Průhyb a natočení desky lavičky	31
4.7 Návrh svarů	33
5. Závěr	35
6. Použitá literatura	36
7. Seznam příloh	38

Seznam použitého značení a jednotek

Značka	Název	Jednotka
D_0	Průměr díry	mm
E	Modul pružnosti materiálu	MPa
F'	Momentové třecí síly	N
F''	Posouvající síly	N
F_{KR}	Kritická síla	N
$F_{oA, B, C, D}$	Osové síly	N
G	Gravitační konstanta	Nm^2kg^{-2}
J_{min}	Minimální kvadratický moment průřezu	mm^4
M_o	Ohybový moment	Nm
M_U	Utahovací moment	Nm
N	Číselná konstanta charakterizující působení síly	-
P_h	Rozteč závitu	mm
Q	Spojité zatížení	Nm^{-1}
$R_{Ay, By, Cy}$	Reakce v podpoře	N
R_e	Mez kluzu	MPa
R_m	Mez pevnosti	MPa
S	Plocha průřezu	mm^2
T	Smykové napětí	MPa
W_o	Modul průřezu v ohybu	mm^3
d_2	Střední průměr závitu	mm
d_3	Průměr jádra závitu	mm
d_s	Třecí průměr pod maticí	mm
f_m	Součinitel smykového tření pod maticí	-
$f'z$	Součinitel tření v závitové drážce	-
$k_{3,4}$	Převodní součinitele	-
k_s	Statická bezpečnost	-
m_{box}	Hmotnost boxu	kg
m_{os}	Hmotnost osoby	kg
R	Délka průvodece	mm
w_B	Průhyb nosníku	mm
A	Směrový úhel průvodičů	°

β_k	koeficient přidavného krutu	-
γ	Úhel stoupání závitu	°
λ	Štíhlost prutu	-
λ_m	Mezní štíhlost prutu	-
σ_{dov}	Dovolené napětí	MPa
σ_{kr}	Kritické napětí pro pružný rozsah	MPa
σ_0	normálové napětí v průřezu 0 / Napětí v ohybu	MPa
σ_{red}	Redukované natětí	MPa
τ_{\perp}	Smykové napětí kolmé na směr svaru	MPa
τ_{\parallel}	smykové napětí rovnoběžné se směrem svaru	MPa
τ_s	Srovnávací napětí	MPa
φ'	Úhel tření v závitu	°

1. Úvod a cíle práce

1.1 Úvod

Stojan na kolo slouží nejen k odkládání jízdních kol, ale i k jejich zabezpečení proti krádeži. Důležitým faktorem zabezpečení kola je také výběr vhodné lokality. Jeho konstrukce by nejlépe měla umožnit zamčení rámu kola. V ideálním případě je připevněn k zemi nebo k pevnému objektu. Má širokou škálu možných konstrukcí. Ve velkoměstech je trendem uložení kol na co nejmenším prostoru.

1.2 Cíle práce

- Provést rešerši k dané problematice
- Navrhnout multifunkční stojan na kola určený pro venkovní prostředí pro 3-6 kol.
- Součástí stojanu je lavička, úložné boxy a koš.
- Úložné boxy umožní bezpečné uložení kolečkových bruslí.
- Navrhnout celkovou koncepci stojanu
- Navrhnu sestavu celého stojanu a výrobní výkres vybraného dílu.

2. Rešerše stojanů na kolo

V rešerši uvádím základní druhy stojanů, jejich popis a výhody a nevýhody.

2.1 Konstrukce stojanů

Konstrukce stojanu se liší s ohledem na funkčnost a design stojanu. Na konstrukci stojanů se používají různé materiály (ocel, litina, beton, dřevo...). Nejčastěji jsou upevněny k zemi, ale i ke stěně nebo stropu.

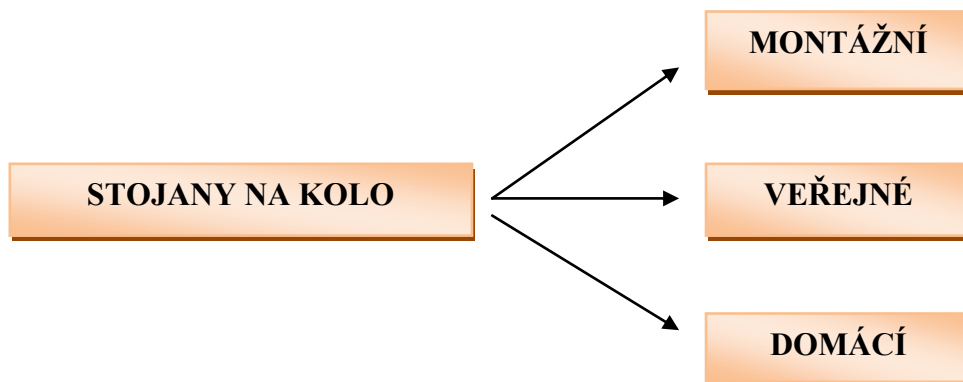
2.2 Požadavky

Každý stojan by měl umožnit zaparkování všech typů kol a neměl by poškozovat mechanické části kola a jeho lak. Měl by umožnit zamknutí rámu kola, ne jen ráfku.

Důraz konstrukce je kladen především na:

- Praktičnost
- Trvanlivost
- Odolnost
- Cenu
- Zabezpečení kola
- Design

2.3 Rozdělení



2.4 Montážní stojany

Tyto stojany slouží k servisu jízdních kol. Mají většinou 3 opěrné nohy, které zajistí dobrou stabilitu. Dají se nastavit a složit. Vyrábí se z tenkostěnných ocelových tyčí nebo ze slitin hliníku. Stojan na Obr. 2.1 upíná konstrukci kola k podpěrnému profilu pomocí přítlačného háku. Přední kolo je zajištěno pomocí dvou zarážek.

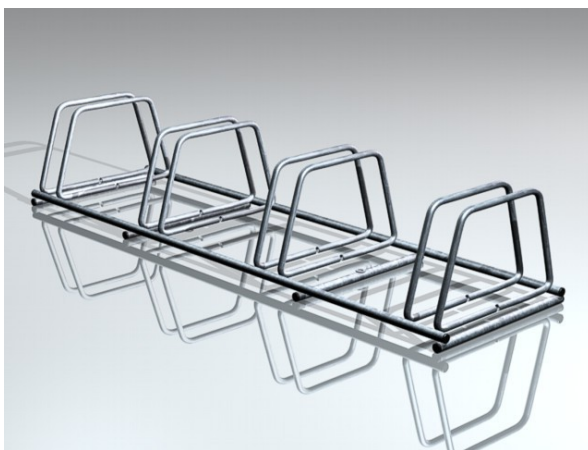


Obr. 2.1 - Montážní stojan TOPEAK PREP-STAND MAX

2.5 Veřejné stojany

Klasické stojany:

Tyto stojany jsou u nás nejrozšířenější. Umožní dostatečnou stabilitu kola a jsou oboustranné. Nezajistí zamčení rámu kola, jsou tedy vhodné tam, kde nehrozí zvýšené riziko krádeže odstaveného kola.



Obr 2.2 – Klasický stojan

Opěrné stojany:

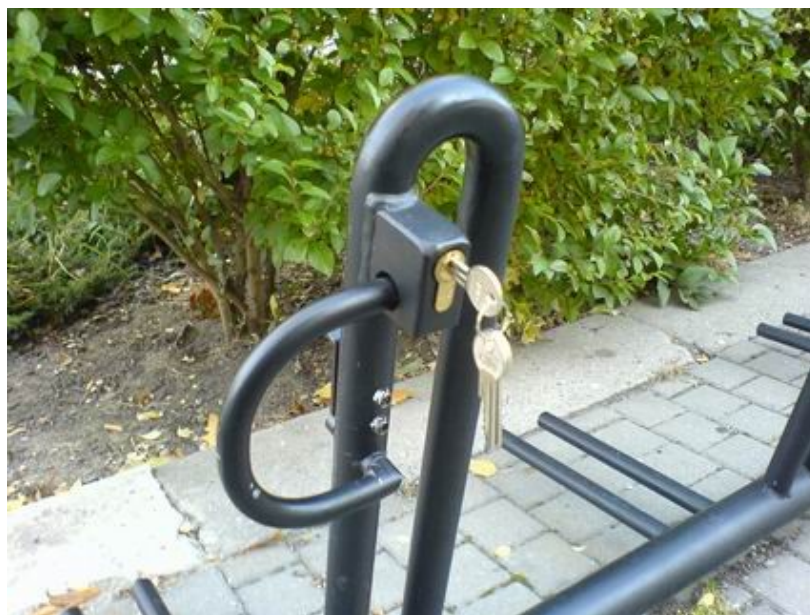
Jedná se o konstrukčně jednoduché stojany, které umožní uzamčení rámu kola. Nezajistí ale stabilitu kola a lak se může snadno poškrábat. Tyto stojany jsou designově nejrozmanitější.



Obr 2.3 – Opěrný stojan

Bezpečnostní stojany VELOCK:

Jsou vybaveny pevně zabudovaným uzamykatelným mechanismem, který zvyšuje zabezpečení kola proti krádeži. Rám kola je opřen o konzoly a obepnutý ocelovým třmenem. Třmen je uzamčen cylindrickou vložkou. Tento typ stojanu je chráněn patentem.



Obr. 2.4 – Bezpečnostní stojan VELOCK

Betonové stojany:

Tyto stojany většinou vůbec neumožní zamčení kola nebo jen zamčení ráfku kola k ocelovému oku. Nevyžaduje žádnou údržbu a není potřeba ho kotvit. Často mají kónický tvarované drážky, které jsou schopny udržet úzkou i širokou pneumatiku

Parkovací věž v Přerově:

Jedná se o automatický samoobslužný parkovací systém. Pojme až 118 kol nebo elektrokol. Maximální hmotnost kola je 50 kg. Velkou výhodou je bezpečné uložení kola i se zavazadly v suchém prostředí. Naopak velkou nevýhodou je vysoká pořizovací cena - 10 mil. Kč a nároky na provoz a servis tohoto zařízení.



Obr. 2.5 – Parkovací věž

Stojany Falcolevel:

Tyto dvoupatrové stojany jsou rozšířeny v Britských metropolích, především na nádražích a letištích. Dostupné jsou i oboustranné verze. Jednotky se napojují do řad, vzniká tak velké množství parkovacích míst na malém prostoru. Tento druh stojanu se často využívá v tzv. „cycle point“. Jedná se o zastřešené prostory s kapacitou několik set nebo tisíc parkovacích míst.



Obr. 2.6 – stojan Falcolevel

2.6 Domácí stojany:

Držák na kola:

Uskladnění kol těmito držáky se využívá především v interiérech s omezeným prostorem (garáže, sklepy, vlaky). Jsou upevněny vruty nebo kotvami ke stěně nebo stropu. Kola jsou zavěšena buď za ráfek, rám, sedlo nebo řídítka. Na obr. 2.7 je věšák na kola s kloubem, volný věšák se pomocí úchytky přidrží u zdi, díky čemuž uvolní prostor.



Obr. 2.7 – Držák na kola s kloubem

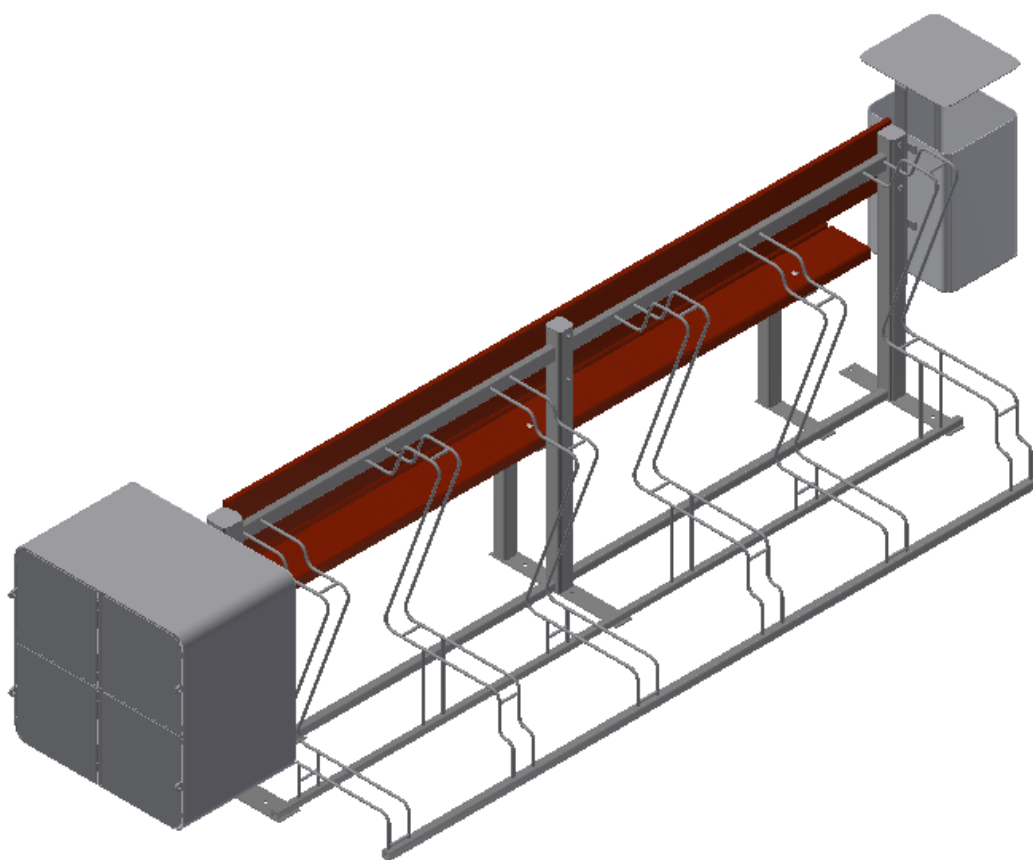
Držák na obr. 2.8 je přitažen ke stropu pomocí kladky. Po vytažení kola se lano samo zablokuje v zádržném závleku. Umožňuje uskladnění i jiných předmětů (dětský kočárek, sánky...).



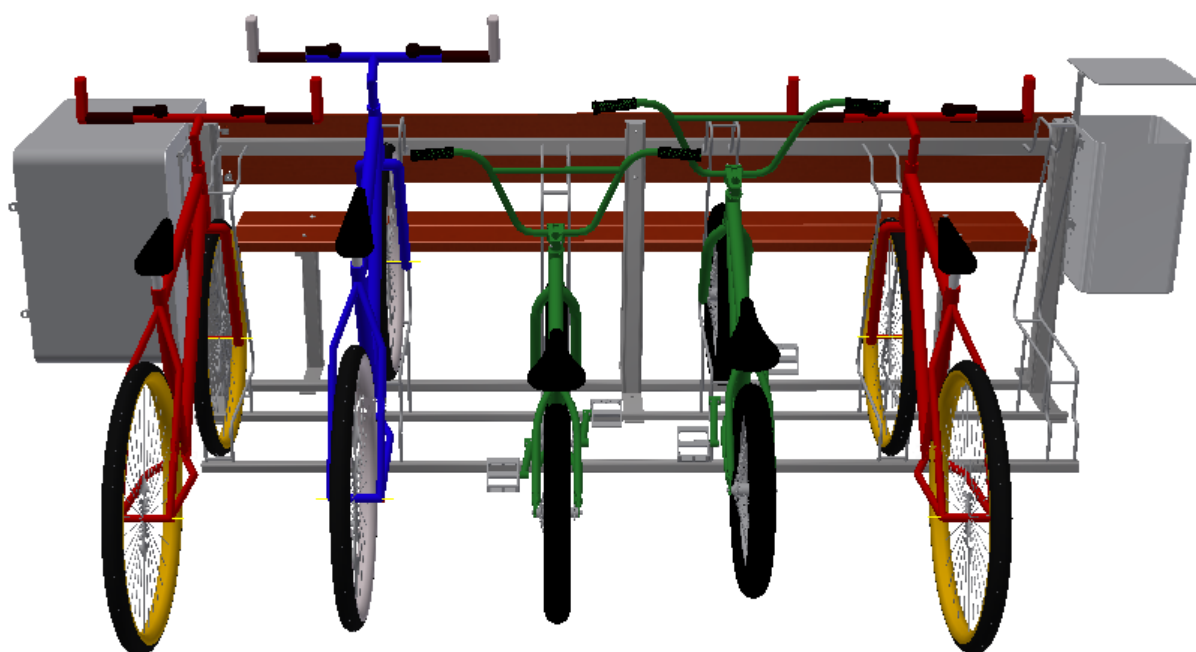
Obr. 2.8 – Držák na kola s kladkou

3. Vlastní řešení konstrukce stojanu

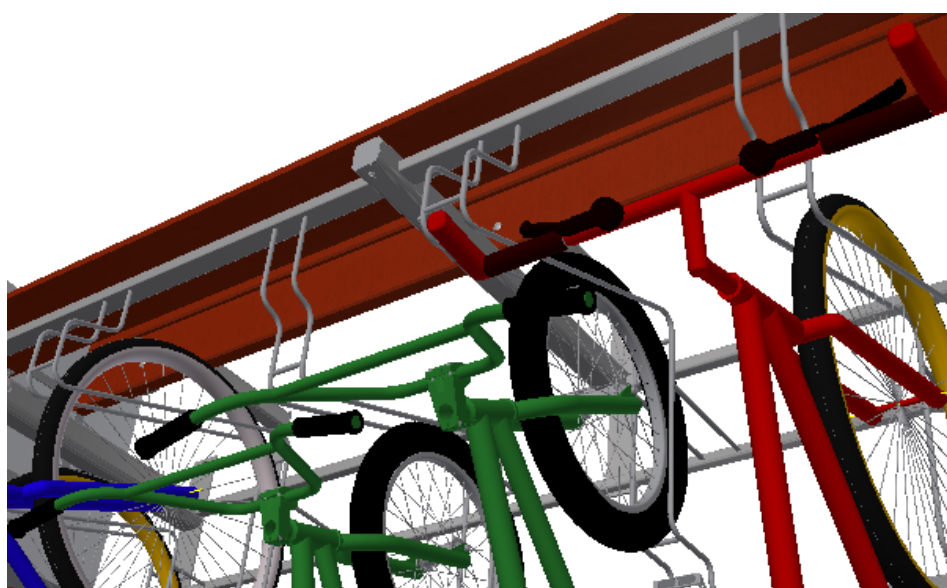
Návrh tohoto stojanu je cílen především pro parky, zastávky a venkovní hřiště. Je složen ze tří sešroubovaných částí - stojan s lavičkou, box a koš. Stojan umožňuje uzamčení rámu kola. Konzoly stojanu jsou navrženy tak, aby umožnily uložení všech druhů kol a nekolidovaly s částmi kola (vidlice, dynamo...). Na stojanu jsou 2 druhy konzol, nižší a vyšší. Díky tomu vznikne mezi řídítky prostor i pro rohy. Do konzol lze umístit kola s šířkou pneumatik do 65 mm. Lavička bude namořená a natřená třemi vrstvami barvy na dřevo. Konstrukce je zinkována, není tedy potřeba další povrchové úpravy.



Obr. 3.1 – Vlastní konstrukce stojanu na kola



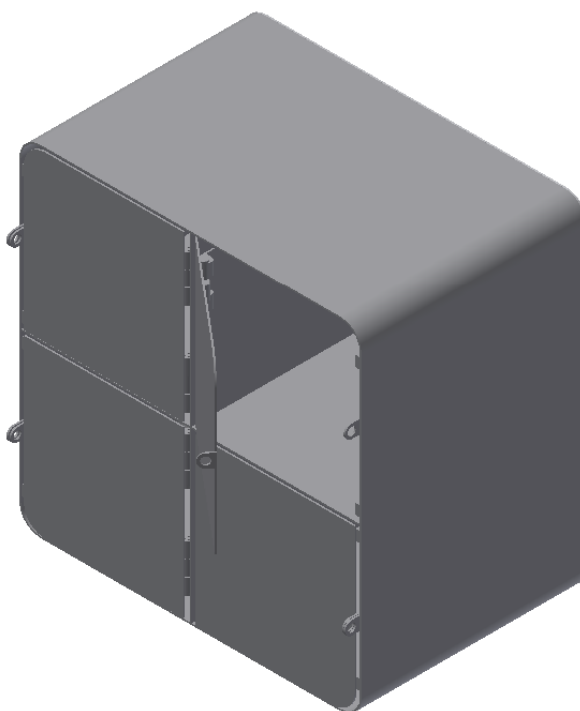
Obr. 3.2 – Zadní pohled na zaparkovaná kola



Obr. 3.3 – Detail na prostor mezi řídítky

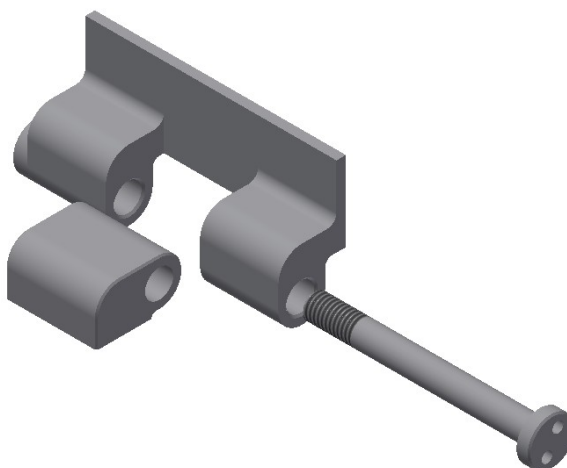
3.1 Úložný box

Box je vyroben z pozinkované oceli. Stěny jsou 3 mm tlusté, na zadní stěně vyztužené. Box je ke stojanu připevněn čtyřmi šrouby M 8x40 – 5.6. Panty jsou přivařeny ke střední příčce a k dvírkům. Dvířka při zavření dosedají na zarážky, uzamčeny jsou provlečením zámku na kolo nebo visacího zámku okem. Boxy jsou dostatečně velké k uložení kolečkových bruslí, cyklistické helmy atd.



Obr. 3.4 – Úložný box

Pant se skládá z vnějšího a vnitřního kování a čepu se závitem na konci. Čep je opatřen bezpečnostní válcovou hlavou s dvěma otvory.



Obr. 3.5 – Pant

3.2 Koš

Koš je vyroben z pozinkované oceli. Má 2 části, tyč se stříškou je přišroubována pomocí 2 šroubů se šestihrannou hlavou ISO 4014 M8 – 80 – 5.6. Samotný koš je na tuto část nasazen na navařené háčky a pojištěný jedním šroubem ISO 4014 M6 – 20 – 5.6.



Obr. 3.6 – Koš

3.3 Ukotvení

K upevnění konstrukcí k podkladu se používají tři základní druhy kotvení- kotvy s tvarovým zámkem, kotvy využívající tření a chemické kotvy. Nejčastěji se využívá kotvení hmoždinkami, ocelovými kotvami, samořeznými šrouby nebo kotevními patkami.

Ocelové kotvy fungují na principu tření nebo na principu tvarového zámku. U kotev využívajících tření rozpěrná část kotvy působí na stěnu díry. Tyto síly mohou ale roztrhat kotevní podklad, proto se u těchto kotev udává minimální vzdálenost od krajů a minimální osová vzdálenost mezi kotvami. Kotvy s tvarovým zámkem působí na stěny díry jinými směry a mají menší osové vzdálenosti, k jejich montáži se musejí použít speciální vrtací nástroje, které prodrazují konečnou montáž.

Stojan bude ukotven pomocí šesti ocelových průvlakových kotev FBN II 12/10/106 k betonové patce. Beton musí být minimálně 120mm tlustý. Díra Ø 12 mm musí být minimálně 95 mm hluboká a vzdálena minimálně 70 mm od okraje betonové patky. Tyto kotvy jsou galvanicky zinkovány, dotaženy by měli být na utahovací moment 50 Nm.



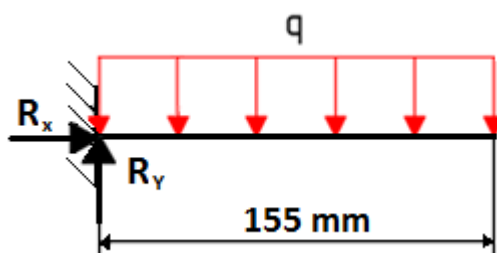
Obr. 3.7- ocelová průvlaková kotva FBN II 12/10/106

4. Technické Výpočty

Ve výpočtech jsou zkontrolovány nejvíce namáhané součásti.

4.1 Ohyb tyče pod deskami lavičky

Zatížena je plochá tyč 30x15. Mez pevnosti pro ocel 11375.0 $R_m=320-470$ MPa. Tyč zatížena dvěma osobami (2×75 kg = 150 kg ~ 1500 N, po přepočtení na spojitě zatížení $q \approx 9500$ N/m).



Obr. 4.1 – Schéma zatížení tyče

Napětí v ohybu:

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{114\,119}{1125} = 101,439 \text{ MPa} \quad (4.1)$$

$$M_o = q \cdot l \cdot \frac{l}{2} = 9500 \cdot 0,155 \cdot \frac{0,155}{2} = 114,119 \text{ Nm} \quad (4.2)$$

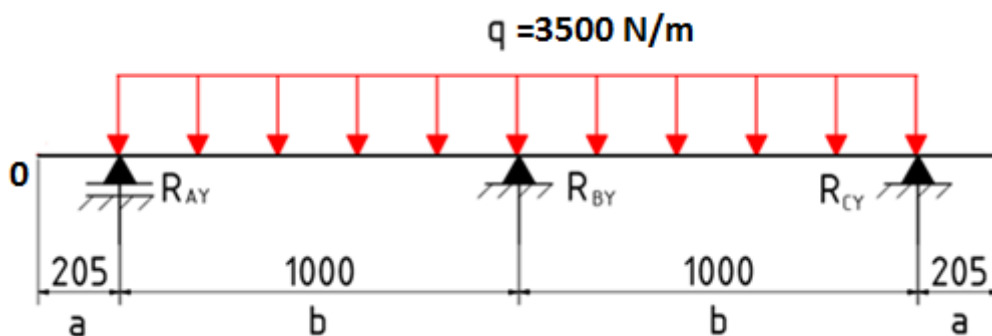
$$W_o = \frac{1}{6} \cdot b \cdot h^2 = \frac{1}{6} \cdot 30 \cdot 15^2 = 1125 \text{ mm}^2 \quad (4.3)$$

Statická bezpečnost:

$$k_s = \frac{R_m}{\sigma_o} = \frac{320}{101,439} = 3,155 \quad (4.4)$$

4.2 Výpočet reakcí v podpěrách lavičky.

Tuto úlohu řeším jako rovinnou, můžu tedy k výpočtu tří reakcí použít jen dvě rovnice rovnováhy. Jedná se tedy o jedenkrát staticky neurčitou úlohu. Musíme zavést deformační podmínku. V tomto případě je průhyb v bodě B nulový $w_B=0$ mm.



Obr. 4.2 – Zatížení nosníku

Rovnice rovnováhy:

$$\sum F_y = 0 = R_{Ay} + R_{By} + R_{Cy} - q \cdot 2b = 0 \quad (4.5)$$

$$\sum M_B = 0 = -R_{Ay} \cdot b + R_{Cy} \cdot b - q \cdot \frac{(a+b)^2}{2} + q \cdot \frac{(a+b)^2}{2} = 0 \quad (4.6)$$

$$R_{Ay} \cdot b = R_{Cy} \cdot b$$

$$R_{Ay} = R_{Cy}$$

Výsledek z rovnice (4.4) dosadíme do rovnice (4.3)

$$\begin{aligned} 2R_{Ay} + R_{By} - q \cdot 2b &= 0 \\ R_{Ay} &= \frac{-R_{By}}{2} + q \cdot b \end{aligned} \quad (4.7)$$

Rozdělím nosník na 2 úseky a pro každý vyjádřím ohybový moment M_o .

1. úsek: $x \in [0;b]$

$$\begin{aligned}\sum M_y = 0: \quad M_{01} - R_{Ay} \cdot x_1 + \frac{q \cdot x_1^2}{2} \\ M_{01} = R_{Ay} \cdot x_1 - \frac{q \cdot x_1^2}{2}\end{aligned}\tag{4.8}$$

2. úsek: $x \in [0;2b]$

$$\begin{aligned}\sum M_y = 0: \quad M_{02} - R_{Ay} \cdot x_2 - R_{By} \cdot (x_2 - b) + \frac{q \cdot x_2^2}{2} \\ M_{02} = R_{Ay} \cdot x_2 + R_{By} \cdot (x_2 - b) - \frac{q \cdot x_2^2}{2}\end{aligned}\tag{4.9}$$

Dosadím rovnici (4.7) do obou rovnic (4.8 a 4.9) a zderivuju je.

$$M_{01} = \left(\frac{-R_{By}}{2} + q \cdot b \right) \cdot x_1 - \frac{q \cdot x_1^2}{2}\tag{4.10}$$

$$\frac{\partial M_{01}(x)}{\partial R_B} = -\frac{x_1}{2}\tag{4.11}$$

$$M_{02} = \left(\frac{-R_{By}}{2} + q \cdot b \right) \cdot x_2 + R_{By} \cdot (x_2 - b) - \frac{q \cdot x_2^2}{2}\tag{4.12}$$

$$\frac{\partial M_{02}(x)}{\partial R_B} = \frac{x_2}{2} - b\tag{4.13}$$

Dosadím do rovnice pro průhyb.

$$w_B = 0 = \frac{1}{EJ} \cdot \left\{ \int_0^L M_{01} \cdot \frac{\partial M_{01}(x)}{\partial R_B} \cdot dx + \int_0^{2L} M_{02} \cdot \frac{\partial M_{02}(x)}{\partial R_B} \cdot dx \right\}\tag{4.14}$$

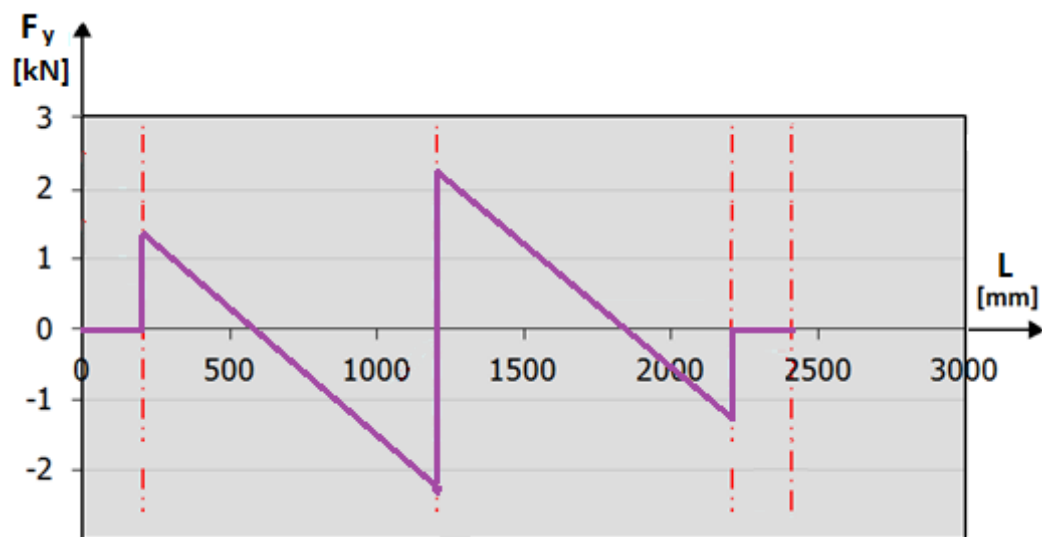
$$w_B = 0 = \frac{1}{EJ} \cdot \left\{ \int_0^L \left[\left(\frac{-R_{By}}{2} + q \cdot b \right) \cdot x_1 - \frac{q \cdot x_1^2}{2} \right] \cdot \left(-\frac{x_1}{2} \right) \cdot dx + \int_0^{2L} \left[\left(\frac{-R_{By}}{2} + q \cdot b \right) \cdot x_2 + R_{By} \cdot (x_2 - b) - \frac{q \cdot x_2^2}{2} \right] \cdot \left(\frac{x_2}{2} - b \right) \cdot dx \right\}$$

$$\begin{aligned}w_B = 0 &= \frac{1}{EJ} \cdot \left(-\frac{5}{48} \cdot q \cdot b^4 + \frac{1}{12} \cdot b^3 \cdot R_{By} - \frac{5}{48} \cdot q \cdot b^4 + \frac{1}{12} \cdot b^3 \cdot R_{By} \right) \\ w_B = 0 &= \frac{1}{EJ} \cdot \left(-\frac{5}{24} \cdot q \cdot b^4 + \frac{1}{6} \cdot b^3 \cdot R_{By} \right) \\ R_{By} &= \frac{5 \cdot q \cdot b}{4} = \frac{5 \cdot 3500 \cdot 1}{4} = 4375 \text{ N}\end{aligned}\tag{4.15}$$

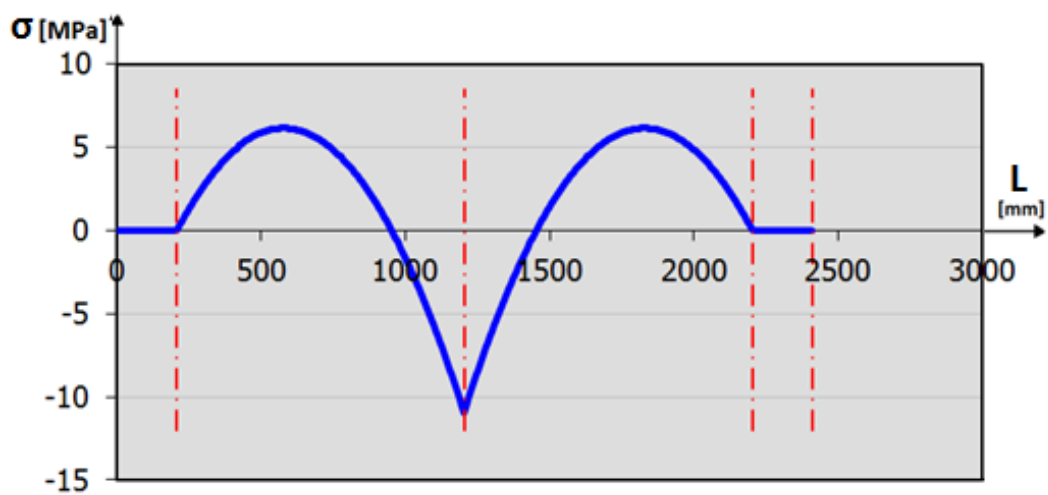
Dosadím výsledek R_{By} do rovnice (4.7), ze které vyjádřím a dopočítám $R_{Ay}=R_{Cy}$.

$$R_{Ay} = R_{Cy} = -\frac{R_{By}}{2} + q \cdot b = -\frac{4375}{2} + 3500 \cdot 1 = 1312,5 \text{ N}$$

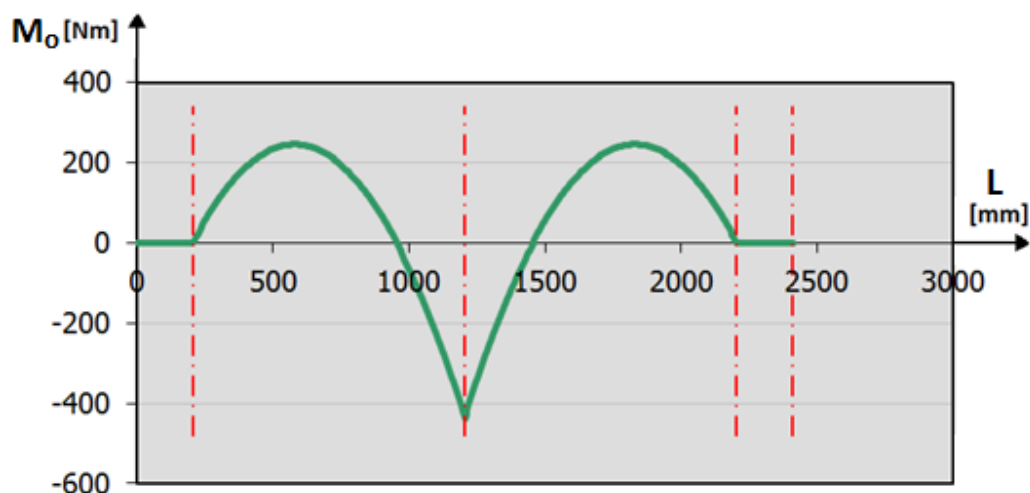
Grafy:



Obr. 4.3 – Graf posouvající síly ve směru y



Obr. 4.4 – Graf ohybového napětí



Obr. 4.5 – Graf ohybového momentu

4.3 Vzpěr tyče pod lavičkou

Kritická síla musí být menší než reakce v prostřední podpěře $R_B = 4375$ N. Minimální kvadratický moment pro jelek 30x30x4-420, plocha průřezu $S = 331$ mm², $J_{\min} = 47978.67$ mm⁴ -[16].

Štíhlost prutu:

$$\lambda = \sqrt{\frac{S \cdot (n \cdot l)^2}{J_{\min}}} = \sqrt{\frac{331 \cdot (2 \cdot 420)^2}{47978.67}} = 69,77 [-] \quad (4.16)$$

Plocha průřezu:

Mezní štíhlost prutu:

$$\lambda_m = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot E}{0,5 \cdot R_e}} = \sqrt{\frac{\pi^2 \cdot 2,1 \cdot 10^5}{0,5 \cdot 220}} = 137,266 [-] \quad (4.17)$$

Jelikož je $\lambda_m \geq \lambda$, jedná se o nepružnou oblast vzpěru a napětí se vypočítá podle Tetmajerova vztahu.

Kritické napětí:

$$\sigma_{KR} = a - b \cdot \lambda \quad (4.18)$$

$$\sigma_{KR} = 320 - 1,2 \cdot 69,77 = 236,276 \text{ MPa}$$

Konstanty pro ocel: $a = 320$ MPa, $b = 1,2$ MPa

Kritická síla F_{kr} :

$$F_{KR} = \sigma_{KR} \cdot S = 236,276 \cdot 331 = 78,21 \text{ kN} \quad (4.19)$$

4.4 Ohyb jeklu zatíženého boxem

Uvažuji zatížení jeklu 80x80x8 dvěma ohybovými momenty působícími ve dvou osách. Tyto momenty simulují dvě sedící osoby na boxu a hmotnost boxu.

Souřadnice bodu v průřezu:

$$y, z = \frac{h}{2} = \frac{0,8}{2} = 0,4 \text{ m} \quad (4.20)$$

Ohybové momenty:

$$M_{oy} = m_{os} \cdot g \cdot l_1 = 75 \cdot 9,81 \cdot 0,22 = 161,865 \text{ Nm} \quad (4.21)$$

$$M_{oz} = M_{oz1} + M_{oz2} = m_{os} \cdot g \cdot l_2 + m_{box} \cdot g \cdot l_2$$

$$M_{oz} = 75 \cdot 9,81 \cdot 0,36 + 58,5 \cdot 9,81 \cdot 0,21 = 385,386 \text{ Nm}$$

Největší normálová napětí jsou v průřezu 0:

$$\sigma_{01} = \frac{M_{oy} \cdot z}{J_y} - \frac{M_{oz} \cdot y}{J_z} = \frac{161,865 \cdot 0,4}{2,0152 \cdot 10^{-6}} - \frac{385,386 \cdot 0,4}{2,0152 \cdot 10^{-6}} = -44,367 \text{ MPa} \quad (4.22)$$

$$\sigma_{02} = \frac{M_{oy} \cdot z}{J_y} - \frac{M_{oz} \cdot (-y)}{J_z} = \frac{161,865 \cdot 0,4}{2,0152 \cdot 10^{-6}} - \frac{385,386 \cdot (-0,4)}{2,0152 \cdot 10^{-6}} = 108,625 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{03} = \frac{M_{oy} \cdot (-z)}{J_y} - \frac{M_{oz} \cdot (-y)}{J_z} = \frac{161,865 \cdot (-0,4)}{2,0152 \cdot 10^{-6}} - \frac{385,386 \cdot (-0,4)}{2,0152 \cdot 10^{-6}} = 44,367 \text{ MPa}$$

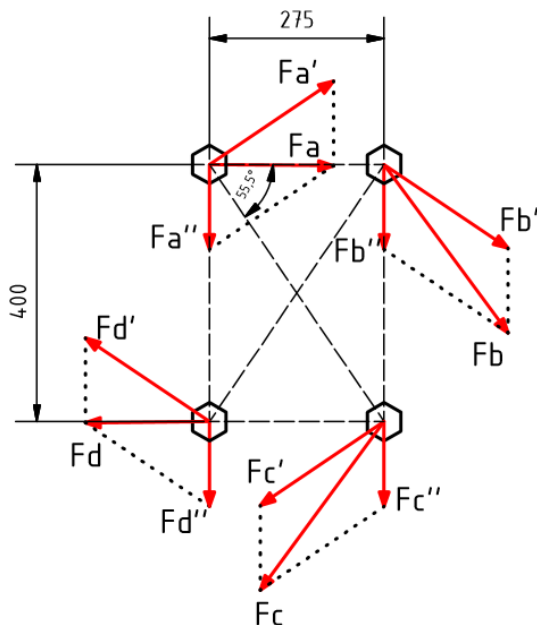
$$\sigma_{04} = \frac{M_{oy} \cdot (-z)}{J_y} - \frac{M_{oz} \cdot y}{J_z} = \frac{161,865 \cdot (-0,4)}{2,0152 \cdot 10^{-6}} - \frac{385,386 \cdot 0,4}{2,0152 \cdot 10^{-6}} = -108,625 \text{ MPa}$$

Statická bezpečnost:

$$k_s = \frac{R_m}{\sigma_{\max}} = \frac{370}{108,625} = 2,95 \quad (4.23)$$

4.5 Návrh šroubů pro spojení boxu a stojanu

Uvažuji box zatížený dvěma sedícími osobami a vahou boxu. Momenty působí ve dvou osách.



Obr. 4.6 – Směry sil působících na šrouby

Ohybový moment:

$$M_o = k_T \cdot m_{os} \cdot g \cdot L = 1,2 \cdot 75 \cdot 9,81 \cdot 0,22 = 194,238 \text{ Nm}$$

(4.24)

Délka průvodiče:

$$r = \sqrt{\left(\frac{400}{2}\right)^2 + \left(\frac{275}{2}\right)^2} = 242,706 \text{ mm}$$

(4.25)

Momentové třecí síly:

$$F'_{A,B,C,D} = \frac{M_o \cdot r}{4 \cdot r^2} = \frac{194,238 \cdot 0,2427}{4 \cdot 0,2427^2} = 200,08 \text{ N}$$

(4.26)

Posouvající síly:

$$F''_{A,B,C,D} = \frac{k_T \cdot m_o \cdot g}{4} = \frac{1,2 \cdot 75 \cdot 9,81}{4} = 220,73 \text{ N}$$

(4.27)

Směrový úhel průvodičů:

$$\alpha = \tan^{-1} \left(\frac{200}{137,5} \right) = 55,49^\circ \quad (4.28)$$

Výsledné třecí síly na jednotlivých šroubech:

$$F_A = F_D = \sqrt{(F'_A)^2 + (F''_A)^2 - 2 \cdot F'_A \cdot F''_A \cdot \cos \alpha} \quad (4.29)$$

$$F_A = F_D = \sqrt{(200,08)^2 + (220,73)^2 - 2 \cdot 200,08 \cdot 220,73 \cdot \cos(55,49^\circ)} = 196,75 \text{ N}$$

$$F_B = F_C = \sqrt{(F'_A)^2 + (F''_A)^2 - 2 \cdot F'_A \cdot F''_A \cdot \cos(180^\circ - \alpha)} \quad (4.30)$$

$$F_B = F_C = \sqrt{(200,08)^2 + (220,73)^2 - 2 \cdot 200,08 \cdot 220,73 \cdot \cos(180^\circ - 55,49^\circ)} = 372,55 \text{ N}$$

Osové síly v jednotlivých šroubech potřebné k vyvolání výsledných třecích sil:

$$F_{oA} = F_{oD} = F_A \cdot \frac{1}{f_k} = 425,31 \cdot \frac{1}{0,25} = 787 \text{ N} \quad (4.31)$$

$$F_{oB} = F_{oC} = F_B \cdot \frac{1}{f_k} = 729,2 \cdot \frac{1}{0,25} = 1490,2 \text{ N} \quad (4.32)$$

Minimální průměr šroubu:

$$d_3 = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{oB} \cdot \beta_k}{\pi \cdot \sigma_{dov}}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1490,2 \cdot 1,3}{\pi \cdot 200}} = 3,51 \text{ mm} \quad (4.33)$$

kde: β_k – koeficient přidavného krutu zvolen -[3]

Dovolené napětí:

$$\sigma_{dov} = \frac{R_e}{k_s} = \frac{480}{2,4} = 200 \text{ MPa} \quad (4.34)$$

Pro další výpočet je použit šroub M8x40 – 5.6 ($P_h=1,25$ mm, $d_2=7,188$ mm, $d_3=6,466$ mm).

Ohybové napětí:

$$\sigma_t = \frac{F_{oB}}{\frac{\pi \cdot d_3^2}{4}} = \frac{1490,2}{\frac{\pi \cdot 6,466^2}{4}} = 45,382 \text{ MPa} \quad (4.35)$$

Smykové napětí:

$$\tau = \frac{F_{oB} \cdot \frac{d_2}{2} \cdot \tan(\gamma + \varphi')}{\frac{\pi \cdot d_3^3}{16}} = \frac{1490,2 \cdot \frac{7,188}{2} \cdot \tan(3,168^\circ + 8,53^\circ)}{\frac{\pi \cdot 6,466^3}{16}} = 20,95 \text{ MPa} \quad (4.36)$$

$$\gamma = \tan^{-1}\left(\frac{P_h}{\pi \cdot d_2}\right) = \tan^{-1}\left(\frac{1,25}{\pi \cdot 7,188}\right) = 3,168^\circ \quad (4.37)$$

$$\varphi' = \tan^{-1}(f'_z) = \tan^{-1}(0,15) = 8,53^\circ \quad (4.38)$$

Přídavný ohyb:

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{M_{o1} + M_{o2}}{\frac{\pi \cdot d_3^3}{32}} = \frac{m_{os} \cdot g \cdot L_1 + m_{box} \cdot g \cdot L_2}{\frac{\pi \cdot d_3^3}{32}} \quad (4.39)$$

$$\sigma_o = \frac{75 \cdot 9,81 \cdot 0,36 + 58,5 \cdot 9,81 \cdot 0,21}{\frac{\pi \cdot 6,466^3}{32}} = 14,521 \text{ MPa}$$

Redukované natětí:

$$\sigma_{red} = \sqrt{(\sigma_t + \sigma_o)^2 + 3 \cdot \tau^2} \quad (4.40)$$

$$\sigma_{red} = \sqrt{(45,382 + 14,521)^2 + 3 \cdot 20,95^2} = 34,698 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{red} < \sigma_{dov} \quad (4.41)$$

$$34,698 < 200$$

Statická bezpečnost:

$$k_s = \frac{R_m}{\sigma_{red}} = \frac{500}{34,698} = 14,41 \quad (4.42)$$

Utahovací moment:

$$d_s = \frac{D_0 + s}{2} = \frac{9 + 13}{2} = 11 \text{ mm} \quad (4.43)$$

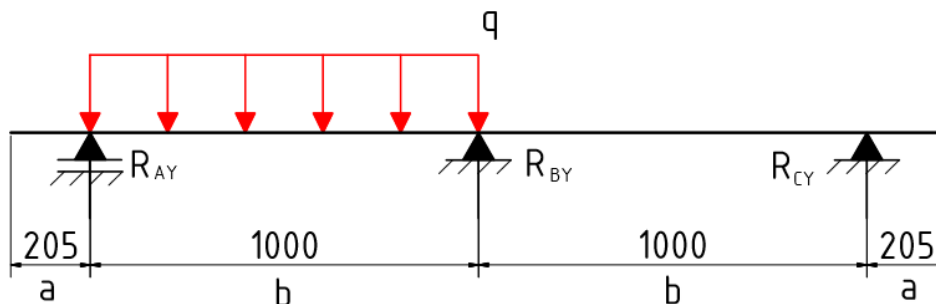
$$M_U = \frac{F_{oB}}{2} \cdot (d_2 \cdot \tan(\gamma + \varphi') + f_m \cdot d_s) \quad (4.44)$$

$$M_U = \frac{1490,2}{2} \cdot (7,188 \cdot \tan(3,168^\circ + 8,53^\circ) + 0,17 \cdot 11) = 2502,27 \text{ Nmm}$$

kde: f_m – součinitel smykového tření pod maticí

4.6 Průhyb a natočení desky lavičky

Deska je vyrobena z dubového dřeva $E=13000 \text{ MPa}$, rozměr desky 150×40 . Výpočet je proveden v programu Mitcalc. Maximálního průhybu deska dosáhne při zatížení jedné části mezi podpory. Uvažováno spojitě zatížení $q=3,5 \text{ N/m}$.



Obr. 4.7 – Zatížení nosníku

Reakce v podpěrách: $R_{Ay}=1531 \text{ N}$; $R_{By}=2187 \text{ N}$; $R_{Cy}=-218,8 \text{ N}$

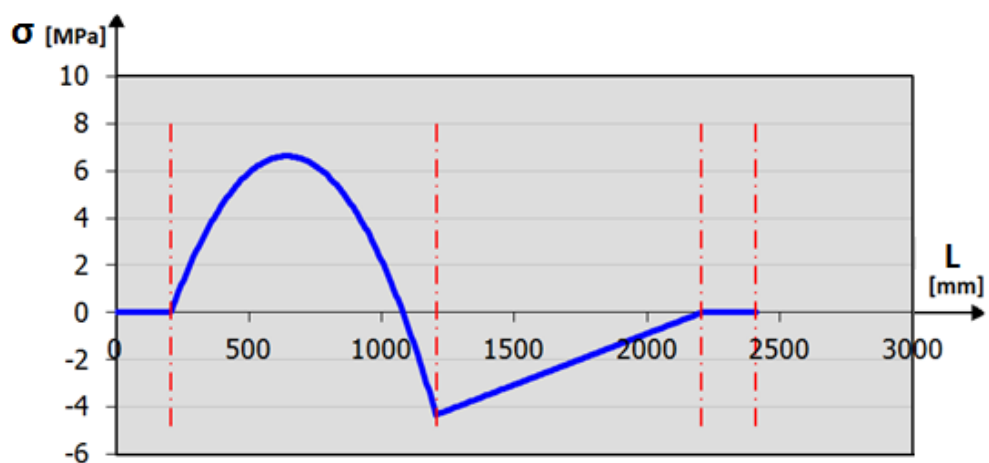
Maximální napětí: $\sigma_{\max}=6,27 \text{ MPa}$

Ohybový moment: $M_{\max}= 335 \text{ Nm}$

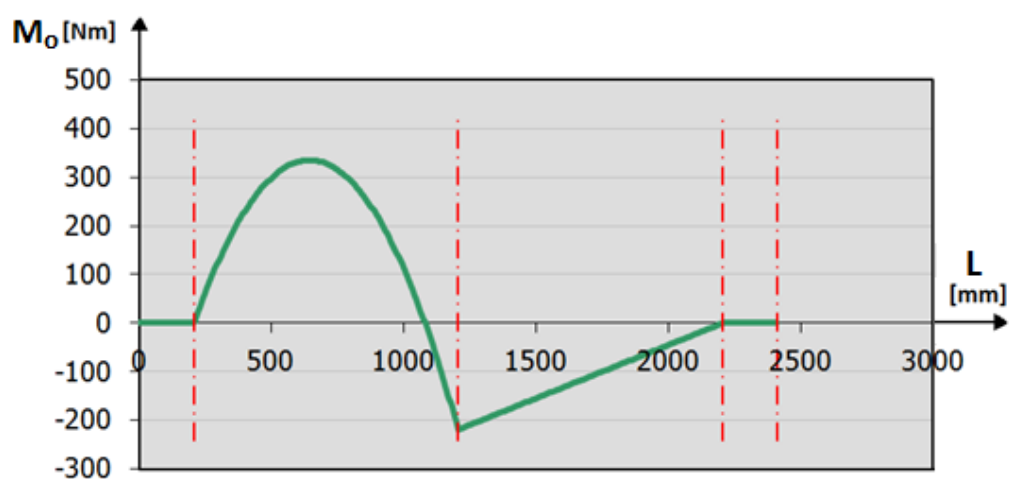
Průhyb nosníku: $w_{B\max}=-2,12 \text{ mm}$; $-w_{Blim} = \frac{b}{300} = \frac{1000}{300} = 3,33 \text{ mm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$

Natočení: $\vartheta=0,082^\circ$

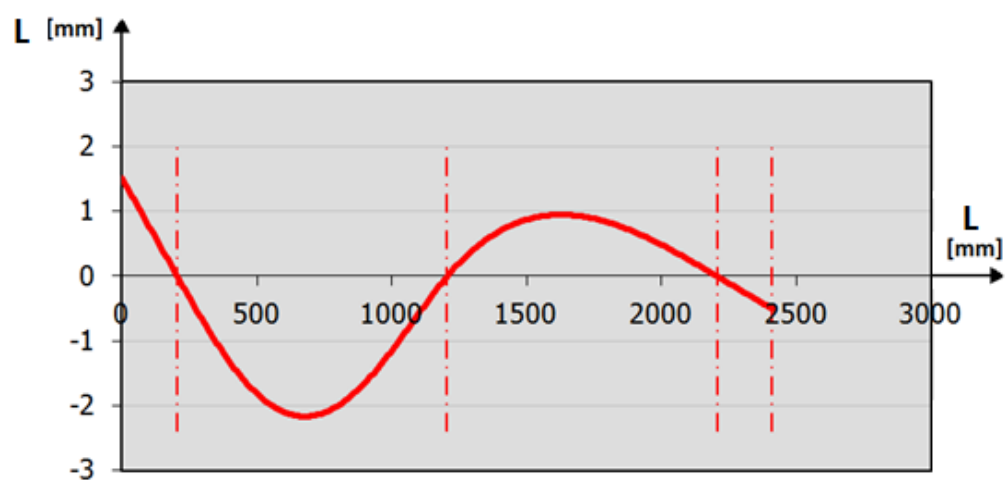
GRAFY:



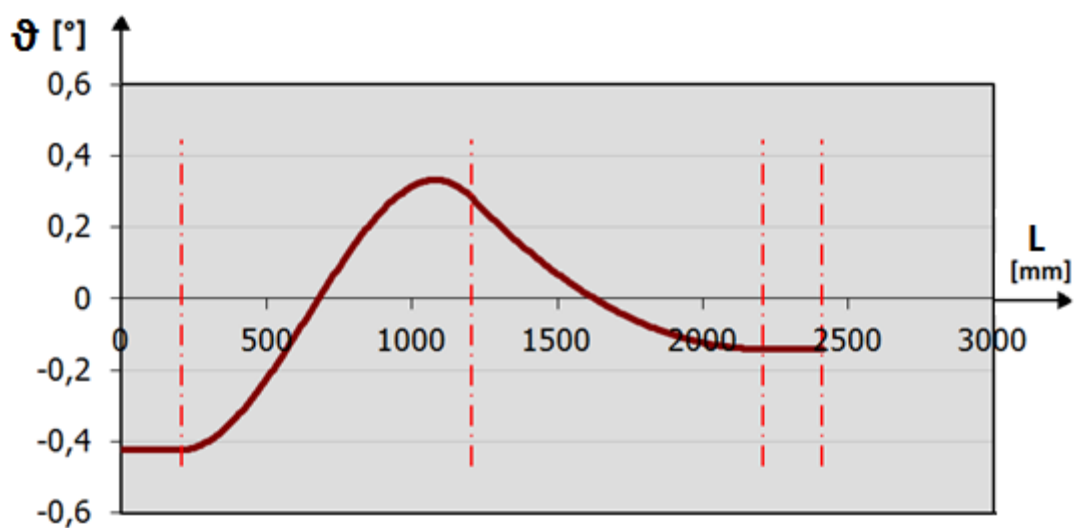
Obr. 4.8 – Napětí v ohybu



Obr. 4.9 – Ohybový moment



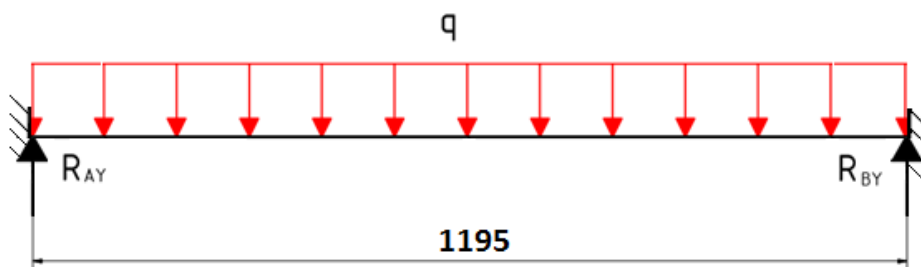
Obr. 4.10 – Průhyb nosníku



Obr. 4.11 – Natočení nosníku

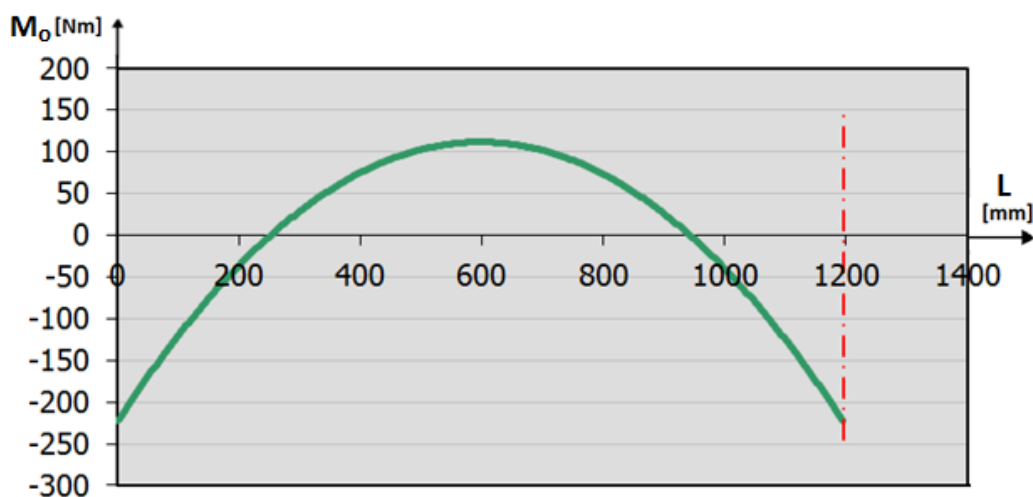
4.7 Návrh svaru

Výpočtem stanovím maximální napětí v obvodovém svaru jeklu 50x25x3 - 1195. Spojité zatížení $q=1850$ N/m. Ohybový moment získán z Mitcalcu.



Obr. 4.12 – Zatížení nosníku

Ohybový moment: $M_{\text{omax}} = 3223,18$ Nm



Obr. 4.13 – Ohybový moment

Moment setrvačnosti:

$$J_x = a \cdot \left(\frac{h^3 + a^2 \cdot b}{6} + \frac{b}{2} \cdot (h + a)^2 \right) \quad (4.45)$$

$$J_x = 3,5 \cdot \left(\frac{41^3 + 3,5^2 \cdot 16}{6} + \frac{16}{2} \cdot (41 + 3,5)^2 \right) = 95765,3 \text{ mm}^4$$

Natětí v místě v nejvyšším místě svislého svaru:

$$\tau_{\perp 1} = \frac{M_o}{W_{o1}} = \frac{M_o}{J_x} \cdot \frac{h}{2} = \frac{223,18 \cdot 10^3}{95765,3} \cdot \frac{41}{2} = 47,775 \text{ MPa} \quad (4.46)$$

$$\tau_{\parallel 1} = \frac{F}{2 \cdot a \cdot h} = \frac{q \cdot \frac{L}{2}}{2 \cdot a \cdot h} = \frac{1,85 \cdot \frac{1195}{2}}{2 \cdot 3,5 \cdot 41} = 3,852 \text{ MPa} \quad (4.47)$$

$$\tau_{s1} = \sqrt{\left(\frac{\tau_{\perp 1}}{k_3} \right)^2 + \left(\frac{\tau_{\parallel 1}}{k_4} \right)^2} = \sqrt{\left(\frac{47,775}{0,8} \right)^2 + \left(\frac{3,852}{0,7} \right)^2} = 59,972 \text{ MPa} \quad (4.48)$$

Natětí v nejvzdálenějším místě vodorovného svaru:

$$\tau_{s2} = \frac{M_o}{J_x \cdot k_3} \cdot \left(\frac{h}{2} + a \right) = \frac{223,18 \cdot 10^3}{95765,3 \cdot 0,8} \cdot \left(\frac{50}{2} + 3,5 \right) = 83,024 \text{ MPa} \quad (4.49)$$

Statická bezpečnost:

$$k_s = \frac{R_e}{\tau_{s2}} = \frac{200}{83,024} = 2,41 \quad (4.50)$$

5. ZÁVĚR

V bakalářské práci jsem zpracoval rešerši na téma stojany na kolo.

Navrhl jsem multifunkční stojan na kola. Tento stojan zvládne uložit a zabezpečit všechny druhy kol, aniž by došlo ke kontaktu kola s jinými koly postavenými ve stojanu. Konzoly stojanu jsou navrženy tak, aby dokázali uložit kola s průměrem pláště od 400 do 700 mm a šířkou pláště 65 mm.

Dále jsem navrhl úložné boxy, pant na dvířka, koš a lavičku

Technickými výpočty jsem prověřil odolnost stojanu proti mechanickému poškození.

6. Literatura

- [1] Kaláb,K. Části a mechanismy strojů pro bakaláře, Části spojovací. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2007. 90s. ISBN 978-80-248-1290-8
- [2] Leinveber,J.; Vávra,P. Strojnické tabulky. Albra-pedagogické nakladatelství, Úvaly, 2006. 914s. ISBN 80- 7361-033-7
- [3] Němček M.: Řešené příklady z částí a mechanismů strojů. Spoj. Skriptum VŠB-TU Ostrava, druhé vydání, 2008, ISBN 978-80-248-1782-8.
- [4] Pružnost a pevnost. *Homel* [online]. Dagmar Ličková [cit. 2017-04-25]. Dostupné z: <http://homel.vsb.cz/~lic098/11.%20cviceni.html>
- [5] KARÁSEK, David a Radek HEGMON. Stojany na jízdní kola. In: *Mmcite* [online]. [cit. 2017-03-12]. Dostupné z: http://www.mmcite.com/user_uploads/pdf/mmcite/CZ/05mmcite_stojany_na_kola.pdf
- [6] Ocelové kotvy do betonu. *Vruty fischer* [online]. [cit. 2017-03-10]. Dostupné z: <https://vruty-fischer.cz//kotvy-do-betonu/>
- [7] Kotevní technika – základní použití a prvky. *Fasteners spojovací materiál* [online]. 2015 [cit. 2017-03-10]. Dostupné z: <http://www.fasteners-cz.cz/kotevni-technika-zakladni-pouziti-prvky>
- [8] Stojan montážní TOPEAK PREP-STAND MAX. *Tykola.cz* [online]. [cit. 2017-03-16]. Dostupné z: <http://www.tykola.cz /stojan-montazni-topeak-prep-stand-max>
- [9] Bezpečnostní stojany na kola. *Cyklistika Krnov* [online]. [cit. 2017-03-13]. Dostupné z: <http://www.cyklistikakrnov.com/CykloKrnovsko/bezpecnostni-stojany-na-kola.html>
- [10] DRŽÁK KOLA na zeď skládací. *Kola Klatovy* [online]. [cit. 2017-04-14]. Dostupné z: http://www.kola-klatovy.com/5961_drzak-kola-na-zed-skladaci
- [11] OEM držák kola na strop. In: *AXIT bikes* [online]. [cit. 2017-03-16]. Dostupné z: http://www.axit.cz/D111092_OEM_drzak_kola_na_strop.html
- [12] Stojany na kola Teres. *www.stojannakola.cz* [online]. [cit. 2017-03-5]. Dostupné z: <http://www.stojannakola.cz/stojan-kola-teres.htm>
- [13] Závěsný držák kola s kladkou. *Nosiče-expert* [online]. [cit. 2017-03-17]. Dostupné z: <http://www.nosice-expert.cz/id1864-zavesny-drzak-kola-s-kladkou>

- [14] CYCLE RACKS. *Falco* [online]. [cit. 2017-03-20]. Dostupné z: <http://www.falco.co.uk/products/cycle-parking/cycle-racks/>
- [15] Parkovací dům Přerov. *Bike tower* [online]. [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: <http://www.cykloprerov.cz/cz/uvod>
- [16] MITCALC, [cit. 2017-05-04].
Dostupné z:<<http://www.mitcalc.com/doc/help/cz/index.htm>>.

7. Seznam příloh

Výkresová dokumentace:

Sestava – Multifunkční stojan na kola – BP-SESTAVA-S-01

Seznam položek sestavy – BP-SESTAVA-S-01-K

Svařenec – Svařenec stojanu – BP-SVARENEC-S-01

Seznam položek svařence – BP-SVARENEC-S-01-K1

– BP-SVARENEC-S-01-K2